

Deburring tool for industrial robot with articulated work arm - comprises revolving finger cutter fitted to robot arm mounted on two crossing carriages, each controlled by signalling devices

Patent number: DE4242874
Publication date: 1993-11-04
Inventor: BERGER KLAUS DIPL ING (DE); KIRMSE WALTER DR ING (DE); LETTNER ANDREAS DIPL ING (DE)
Applicant: DAIMLER BENZ AG (DE)
Classification:
- international: B25J19/00; B23C3/12; B23B5/16; B24B9/00; B23Q9/00
- european: B23C3/12; B23Q1/48; B24B9/00; B25J9/16T2; B25J17/02B
Application number: DE19924242874 19921218
Priority number(s): DE19924242874 19921218

Report a data error here

Abstract of DE4242874

The finger cutter is fixed in the chuck (34) end of a motor (8) drive shaft which is swivel mounted on a pivot (27) on the underside of a carriage (16), the lower of two carriages (14, 16) fixed to the flange (4) on the end of (3) the robot arm (2). The two carriages move along guides (15, 17) which are at right angles to each other. Each guide has a signalling device (20, 21) which relays signals from the robot control that move the carriage accordingly. Under normal circumstances the rotary axis (10) of the cutter is parallel and concentric to that of the end member (3) of the robot arm, and its central working point (9) is constantly at right angles to it and working along the plane (26) of the work. **ADVANTAGE** - Completely removes any burr from castings.

⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 42 42 874 C 1

⑲ Aktenzeichen: P 42 42 874.2-15
⑳ Anmeldetag: 18. 12. 92
㉑ Offenlegungstag: —
㉒ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 4. 11. 93

⑤ Int. Cl.⁵:
B 25 J 19/00
B 23 C 3/12
B 23 B 5/16
B 24 B 9/00
B 23 Q 9/00

DE 42 42 874 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉓ Patentinhaber:

Mercedes-Benz Aktiengesellschaft, 70327 Stuttgart,
DE

㉔ Erfinder:

Berger, Klaus, Dipl.-Ing., 7000 Stuttgart, DE; Kirmse,
Walter, Dr.-Ing.e.h., 7125 Kirchheim, DE; Lettner,
Andreas, Dipl.-Ing., 7300 Esslingen, DE

㉕ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 37 38 819 C2
DE 37 10 688 A1
DE-Z.: ZWF 79(1984)11, S. 541-544;
DE-Z.: ZWF 85(1990)9, S. 484-487;

㉖ Entgratvorrichtung für einen Industrieroboter

㉗ Die Erfindung betrifft eine Entgratvorrichtung für einen Industrieroboter zum Entgraten von Gußwerkstücken. Der Antriebsmotor für den als Fingerfräser ausgebildeten Entgratfräser ist innerhalb der Entgratvorrichtung nachgiebig auf einem mit Weggebern versehenen Kreuzschlitten gehalten, die jeweils elastisch in eine Extremstellung gespannt sind. Die Bewegungsrichtung des einen Schlittens liegt parallel zur Vorschubrichtung, die des anderen parallel zur Erstreckungsebene des Grates im Arbeitspunkt, d. h. quer zur Bahn. Dank dieser Fräseraufhängung kann bei Auftreten eines örtlich abnormal starken Grates isoliert ein Ausweichen des Fräasers entgegen dem Fräservorschub und/oder in Grathöhenrichtung maßtechnisch erfaßt werden. Dies ermöglicht es zum einen, daß ein örtlich überhöhter Arbeitswiderstand detektiert werden kann, was zu einer selbsttätigen Reduzierung der Vorschubgeschwindigkeit ausgenutzt werden kann. Des weiteren kann im Fall eines gratbedingten Ausweichens des Entgratfräasers von der programmierten Bahn dank der maßtechnischen Erfassung dieses Sachverhaltes die Stelle des Ausweichbeginns erneut angefahren und der Grat iterativ abgearbeitet werden. Dadurch können Gußteile auch bei komplizierten Gratformen und/oder sehr unterschiedlich stark ausgebildeten Graten rationell, automatisiert und mit gleichbleibend hoher Qualität geputzt werden. Die Mitarbeiter werden von manueller, eintöniger, anstrengender und durch Lärm und Schmutz sehr belastender Arbeit entlastet. ...

DE 42 42 874 C 1

DE 42 42 874 C1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Entgratvorrichtung für einen Industrieroboter nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, wie sie beispielsweise aus der DE-PS 37 38 619 als bekannt hervorgeht.

Diese Entgratvorrichtung ist für das Entgraten bzw. zum Kantenbrechen spanabhebend bearbeiteter Werkstücke konzipiert. Der am Umfang ballig geformte Fingerfräser ist — einschließlich des gleichachsigen zu ihm liegenden Antriebsmotors — geneigt zur Endglied-Drehachse des Roboterarmes angeordnet, wobei jedoch gleichwohl der Arbeitspunkt des Entgratfräasers stets auf oder sehr nahe bei der Endglied-Drehachse liegt. Um eine Ausweichbewegung des Entgratfräasers bei einem überhöhten Grat zu ermöglichen, ist der Antriebsmotor schwenkbar gelagert. Die Schwenkachse kreuzt die Rotationsachse des Antriebsmotors, liegt sehr weit gegenüber dem Entgratfräser nach hinten, d. h. in Richtung zum Endglied des Roboterarmes zurückversetzt und ist stets etwa parallel zur Richtung der Vorschubbewegung des Entgratfräasers ausgerichtet. Der solcherart schwenkbar aufgehängte Antriebsmotor ist mit dem Entgratfräser elastisch in Richtung auf die zu entgratende Werkstückkante vorgespannt, wobei diese Vorspannung mittels eines kleinen Pneumatikzylinders aufgebracht wird, der quer zur Fräserdrehachse und versetzt zur Schwenkachse des Fräserantriebsmotors angeordnet ist. Nachdem die Grate von spanabhebend bearbeiteten Werkstücken relativ klein sind, können sie auch im Falle einer stark unterschiedlichen Gratbildung stets mit nur einem Fräserdurchgang vollständig und sauber abgearbeitet werden.

Die DE-OS 37 10 688 zeigt eine ähnliche, als Roboterwerkzeug ausgebildete Entgratvorrichtung, bei der zusätzlich noch ein Wegmeßsystem zur selbsttätigen und laufenden Erfassung der Fräserauslenkung integriert ist. Dank dieser Wegmessung wird der Fräser zusätzlich zu einem Meßtaster, der es während der Bearbeitung eines Werkstückes erlaubt, eine geänderte Aufspannlage des Werkstückes oder eine Werkstückmodifikation aus einem zuvor abgespeicherten Vorrat von Modifikationsformen selbsttätig zu erkennen und das Bewegungsprogramm selbsttätig auf die ermittelte Werkstücklage bzw. -form anzupassen.

In der DE-Zeitschrift Zwf 79 (1984) 11 befaßt sich ein dort auf den Seiten 541 bis 544 abgedruckter Beitrag von P. Kluge und R. Jenckel mit dem "Entgraten mit Industrierobotern". Nachdem der Entgratvorgang danach u. a. sehr stark von der Gratausprägung bestimmt ist, geben die Autoren zunächst eine Klassifizierung der Grate, die im Wesentlichen durch die Art der Werkstückherstellung bestimmt ist, nämlich Druckguß- bzw. Spritzgußteil-Grate, Zerspanungsgrate, Gußteilgrate und Schmiedeteilgrate. Es wird auf die Notwendigkeit hingewiesen, beim automatisierten Entgraten auf veränderliche Randbedingungen, insbesondere die Gratausprägung, zu reagieren. Zunächst gehen die Autoren kurz auf ein aktives, d. h. sensorgesteuertes Reagieren ein, was jedoch als meist zu kostenträchtig oder in anderer Weise nachteilig verworfen wird. Eingehender behandeln die Autoren das passive Reagieren, was dadurch geschehen könne, daß das Entgratwerkzeug definiert nachgiebig aufgehängt werde und damit eine Möglichkeit geschaffen werde, in begrenztem Umfang auf veränderte Randbedingungen zu reagieren. Bei der passiven Programmanpassung wird der Abstand des Werkzeug-Wirkortes von der programmierten Bahn durch

das Werkstück verändert, wobei diese Abstandsveränderung erfaßt und zur Programmänderung genutzt wird. Meist werden die Reaktionskräfte aus der Bearbeitung zur Programmkorrektur ausgenutzt. Durch definiertes Nachgeben meist des Werkzeuges werden Toleranzen im Bahnverlauf ausgeglichen und Störungen aufgrund unterschiedlicher Gratausprägung vermieden. Die richtige Ausweichbewegung sollte danach annähernd senkrecht zur Tangentialebene an die Bahn im Arbeitspunkt sein. Diese Methode sei überall da und bis zu Gußteilgraten erfolgreich einsetzbar, wo die Reaktionskräfte mit zunehmender Annäherung des Entgratwerkzeuges an die Gratwurzel mehr oder weniger sprunghaft ansteigen und wo Unterschiede in der Materialanhäufung im Grat zu keinen gravierenden Konturveränderungen führen. Dabei sei die Höhe der Ansprechkraft, bei der das Entgratwerkzeug auszuweichen beginnt, etwas höher als der Wert der Reaktionskraft zu Beginn des Steilanstieges einzustellen. Zur Vermeidung von Schwingungen des Systems aufgrund von Gratschwankungen müßten Maßnahmen zur ausreichenden Dämpfung vorgesehen werden. Steigen die Reaktionskräfte im Bereich des Gratfußes weniger sprunghaft, sondern — z. B. bei Graten mit im Querschnitt dreieckiger Gratwurzel — kontinuierlich an, so sei das Entgratergebnis von der sorgfältigen Einstellung der Auslenkraft und der Abstimmung der Dämpfung abhängig. Bei all diesen Empfehlungen beim Entgraten von Gußteilen wird dem Praktiker der Eindruck vermittelt, daß ein problemloses Entgraten eben doch nur in den relativ seltenen Fällen anwendbar ist, in denen nicht nur die Reaktionskraft im Bereich der Gratwurzel sprunghaft ansteigt, sondern in denen auch Unterschiede in der Materialanhäufung im Grat zu keinen gravierenden Konturveränderungen beim Entgraten führen. Dies sind die Fälle, in denen der abzutragende Grat sowohl in Grathöhenrichtung bis in den Wurzelbereich hinein als auch in Gratlängsrichtung nur sehr geringe Dickschwankungen aufweist.

Von der Problematik des Entgratens von Gußteilen berichtet ein weiterer Beitrag aus der gleichen DE-Zeitschrift Zwf 85 (1990) 9, Seiten 484 bis 487, J. Rogos, M. Anders und R. Sikora: "Automatisierung beim Großputzen". Sie stellen — unter Berufung auf eine praxisgestützte Anwendungsstatistik für Industrieroboter — eingangs fest, daß im Gegensatz zu der starken Verbreitung von Robotern in Tätigkeitsfeldern wie Beschichten, Schweißen und Montage vergleichsweise sehr wenig Roboter zum Gußputzen eingesetzt werden, was die Autoren auf die praktisch noch nicht überzeugend gelösten Schwierigkeiten beim automatisierten Entgraten von Gußteilen zurückführen. Eine Automatisierung dieser sehr verbreiteten Tätigkeit wäre wegen der extrem belastenden Arbeitsplatzumgebung jedoch besonders dringlich. Die Autoren schlagen eine besondere Fräsergestaltung vor, bei der der Entgratfräser im Zusammenwirken mit einer speziellen Fräserhaltung nicht nur als Zerspanungswerkzeug, sondern auch als Meßeinrichtung für die Graddickenmessung wirkt. Die Zahnung des gegenüber dem Werkstück elektrisch isolierten Fräasers ist so grob geteilt, daß auch bei starken Graten höchstens nur ein einziger Zahn mit dem Werkstück im Eingriff ist; bis zum Eingriff des nächstfolgenden Zahnes muß eine kurze Unterbrechung des Kontaktes zwischen Fräser und Werkstück liegen. Durch die damit mögliche Messung der Kontaktzeit zum Werkstück kann zwar auf die Gratstärke, jedoch nicht auch auf die Gratlage in Relation zum Fräserumfang geschlossen werden. Höher

DE 42 42 874 C1

3

4

auftragende und verbogene Grate müssen im übrigen durch einen hülsenförmigen, auf den Fräserchaft aufgesetzten und zu ihm ebenfalls elektrisch isolierten Vorfräser abgetragen werden, so daß der Sensorfräser lediglich noch einen Restgrat abzutragen braucht. Nachteilig an diesem Entgratfräser ist, daß die durch die Fräserachse und die Bahntangente im Arbeitspunkt aufgespannte Ebene orthogonal zur Werkstückoberfläche liegen muß. Damit sind in verwinkelter Umgebung liegende Grate nicht erreichbar. Abgesehen davon kann eine gute elektrische Isolierung zwischen Vorfräser und Sensorfräser in der schmutzigen Arbeitsumgebung nicht dauernd gewährleistet werden, was aber Voraussetzung für ein einwandfreies Arbeiten dieser Entgrattechnik ist.

Ausgehend von diesem Stand der Technik ist es Aufgabe der Erfindung, eine Entgratvorrichtung für Industrieroboter aufzuzeigen, die es erlaubt, Gußgrate mit stark unterschiedlicher Gratform selbsttätig, störungsfrei, vollständig und sauber zu entfernen.

Diese Aufgabe wird bei Zugrundelegung der gattungsgemäßen Entgratvorrichtung erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale von Anspruch 1 gelöst. Dank der nachgiebigen Halterung des Entgratfräasers auf einem mit Weggebern versehenen Kreuzschlitten kann bei Auftreten eines örtlich abnormal starken Grades isoliert ein Ausweichen des Fräasers entgegen dem Fräservorschub und/oder in Grathöhenrichtung meßtechnisch erfaßt werden. Dadurch kann zum einen ein örtlich überhöhter Arbeitswiderstand detektiert werden, was zu einer selbsttätigen Reduzierung der Vorschubgeschwindigkeit ausgenutzt werden kann. Des weiteren kann im Fall eines selbsttätigen Ausweichens des Entgratfräasers von der programmierten Bahn aufgrund eines überhöhten Grades dank der meßtechnischen Erfassung auch dieses Sachverhaltes die Stelle erneut angefahren und der Grat dort iterativ abgearbeitet werden. Dadurch können folgende Vorteile mit der erfindungsgemäßen Entgratvorrichtung erzielt werden:

- Rationelles, automatisiertes Putzen von Gußteilen mit gleichbleibend hoher Qualität auch bei komplizierten Gratformen und/oder sehr unterschiedlich stark ausgebildeten Graten,
- Entlastung der Mitarbeiter von manueller, eintöniger, anstrengender und durch Lärm und Schmutz sehr belastender Arbeit,
- Reduzierung der aufgrund der bisherigen Handarbeit teilweise sehr hohen Kosten des Gußputzens.

Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung können den Unteransprüchen entnommen werden; im übrigen ist die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels nachfolgend noch erläutert; dabei zeigen:

Fig. 1 eine Seitenansicht eines Roboterwerkzeuges zum Entgraten von Gußstücken,

Fig. 2a bis 2g eine siebenteilige Bilderfolge beim iterativen Entgraten einer Stelle mit einem örtlich kräftig ausgeprägten Gußgrat entlang einer durch den Entgratfräser jeweils selbst gebahnten Spur und

Fig. 3a bis 3b zwei Darstellungen beim zeilenweisen Entgraten einer Stelle mit einem örtlich kräftig ausgeprägten Gußgrat.

In Fig. 1 ist der das Entgratwerkzeug 6 führende Industrie-Roboter 1 verkleinert angedeutet; er weist einen beweglichen Arbeitsarm 2 auf, dessen Endglied 3

einen Werkzeugaufnahmeflansch 4 trägt und um die Endglieddrehachse 5 drehbar ist. Das Entgratwerkzeug 6 weist einen Antriebsmotor 8 für einen als Fingerfräser ausgebildeten Entgratfräser 7 auf, wobei der Antriebsmotor derart innerhalb des Entgratwerkzeuges und in Relation zum Endglied 3 des Arbeitsarmes 2 gehalten ist, daß der Arbeitspunkt 9 des Entgratfräasers 7 unter normalen Arbeitsbedingungen etwa auf der Endglied-Drehachse 5 liegt.

Der Entgratfräser ist in dem Antriebsmotor mit einer Spannzange 34 eingespannt; er rotiert um die Rotationsachse 10. Der Entgratfräser 7 besteht vorzugsweise aus Hartmetall; er wird mit Drehzahlen im Bereich von etwa 10 000 bis 30 000 U/min angetrieben. Zur Kühlung des Entgratfräasers wird von einer Kühlvorrichtung, die dem Entgratfräser etwa in der Ebene der Ausweichbewegung 30 von der werkstückabgewandten Seite her Kühlmittel über eine Kühlmittelleitung 32 zuführt. Das Kühlmittel ist in Form einer Luftsuspension von feinen Tropfen eines langkettigen Alkohols ausgebildet. Die Kühlmittelleitung 32 ist derart ausgebildet und/oder angeordnet, daß auch die den Entgratfräser 7 spannende Spannzange 34 in der Arbeitsspindel des Fräserantriebes 8 mit gekühlt wird.

Der Arbeitsarm des Industrieroboters wird zum Entgraten eines mit einem Grat 12 behafteten Werkstückes 11 mit der Endglied-Drehachse und dem Entgratfräser dem werkstückseitig vorgegebenen, in der Programmierung des Industrieroboters datenmäßig abgespeicherten Konturverlauf des zu verputzenden Grades entlangführt, wobei die Endglied-Drehachse stets quer zum Grat ausgerichtet ist. Die dabei gewählte Vorschubrichtung ist in den Figuren mit dem Pfeil 13 angedeutet. Der Grat 12 bestimmt an der Stelle des Arbeitspunktes 9 die in Fig. 1 durch eine strichpunktierte Linie angedeutete Graterstreckungsebene 26. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel ist der Entgratfräser mit seiner Rotationsachse 10 unter normalen Arbeitsbedingungen parallel und konzentrisch zur Endglied-Drehachse 5 ausgerichtet ist, wobei der Entgratfräser stets annähernd quer zur Erstreckungsebene 26 des Grades 12 im Arbeitspunkt 9 ausgerichtet ist. Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, daß auch eine Queranordnung der Achse des Entgratfräasers zur Endglieddrehachse 5 ohne weiteres möglich ist.

Um an extremen Stellen des Grades 12 ein selbsttätiges Ausweichen des Entgratfräasers 7 zu ermöglichen, ist der Antriebsmotor 8 des Entgratfräasers aus Sicherheitsgründen nachgiebig gehalten, derart, daß der Entgratfräser bei einer unerwarteten Überhöhung der zu entgratenden Werkstückkontur quer zu der dem Werkstückgrat 12 folgenden Bahn 25 des Entgratfräasers vom Werkstück 11 weg entsprechend der Ausweichrichtung 30 ausweichen kann. Dabei ist die die Ausweichbewegung ermöglichende Führung stets so zur Bahn im jeweiligen Arbeitspunkt 9 des Entgratfräasers ausgerichtet, daß die Ausweichbewegung in der geschilderten Weise und Richtung erfolgen kann; bei einer Richtungsänderung der Bahn wird das Entgratwerkzeug 6 entsprechend um die Endglied-Drehachse mit verschwenkt. Beim dargestellten Ausführungsbeispiel ist diese aus Sicherheitsgründen vorgesehene Führung für eine nachgiebige Halterung des Antriebsmotors durch eine schwenkbare Lagerung desselben gebildet, wobei die Schwenkachse 27 zum Arbeitspunkt 9 beabstandet ist, die Endglied-Drehachse 5 abstandslos kreuzt und stets parallel zur Bahn 25 ausgerichtet gehalten wird. Dabei ist der Antriebsmotor 8 bzw. der Entgratfräser 7 durch

DE 42 42 874 C1

5

einen mechanischen Anschlag 28 in einer definierten Arbeitslage gehalten und durch die Kraft einer Vorspannfeder 29 in Richtung auf den Anschlag vorgespannt. Die Federkraft ist größer als die Kraft des Kolbens 19, die den in Ausweichrichtung 23 beweglichen Schlitten 16 vorspannt; auf die letzteren Einzelheiten soll weiter unten näher eingegangen werden.

Vorzugsweise ist die Drehrichtung des Entgratfräasers im Hinblick auf die gewählte Vorschubrichtung 13 so gewählt ist, daß sich ein sog. Gleichlaufräsen ergibt. Dadurch ergibt sich der Vorteil, daß beim Entgraten eine vom Werkstück weggerichtete Reaktionskraft entsteht, die im Falle eines örtlich überhöhten Grates höher ist als beim Gegenlaufräsen, so daß die Ausweichbewegung des Entgratfräasers eher ausgelöst und er vor Überlastung besser geschützt wird.

Um unabhängig von einer solchen sicherheitsmäßigen Ausweichmöglichkeit des Entgratfräasers Gußgrate mit stark unterschiedlicher Gratbildung selbsttätig, störungsfrei, vollständig und sauber entfernen zu können, ist der Entgratfräser erfindungsgemäß auf einem mit Weggebern versehenen Kreuzschlitten nachgiebig gehalten, wobei die Bewegungsebene der beiden Schlitten 14 und 15 des Kreuzschlittens quer zur Rotationsachse 10 des Entgratfräasers ausgerichtet ist. Dadurch kann bei Auftreten eines örtlich abnormal starken Grates isoliert ein Ausweichen des Fräasers 7 entgegen dem Fräservorschub 13 und/oder in Grathöhenrichtung meßtechnisch erfaßt werden. Dadurch kann zum einen ein örtlich überhöhter Arbeitswiderstand detektiert werden, was zu einer selbsttätigen Reduzierung der Vorschubgeschwindigkeit ausgenutzt werden kann. Des weiteren kann im Fall eines gratbedingten Ausweichens des Entgratfräasers von der programmierten Bahn 25 dank der meßtechnischen Erfassung dieses Sachverhaltes die Stelle des Ausweichbeginns erneut angefahren und der Grat iterativ abgearbeitet werden.

Um dieses zu ermöglichen, ist der erwähnte Kreuzschlitten zwischen dem Antriebsmotor 8 für den Entgratfräser 7 und dem quer zur Endglied-Drehachse 5 stehenden Werkzeugaufnahmeflansch 4 am Endglied 3 des Roboterarmes 2 angebracht. Und zwar sind dazu zwei jeweils in einer Schlittenführung 15 und 17 bewegliche Schlitten 14 und 16 angeordnet, die quer zueinander und zur Rotationsachse 10 des Entgratfräasers 7 ausgerichtet sind. Von den Schlittenführungen 15 und 17 ist die eine Schlittenführung 15 mit der Richtung 22 stets parallel zur Bahn 25 bzw. zur Vorschubrichtung 13 und die andere Schlittenführung 17 stets parallel zur Ausweichrichtung 23 bzw. 30 ausgerichtet. Bei Richtungsänderungen der Bahn 25 muß also auch der Kreuzschlitten entsprechend mitgeschwenkt werden, so daß die genannte Ausrichtung in Relation zur Richtung der Bahn am Arbeitspunkt 9 erhalten bleibt.

Jeder der beiden Schlitten 14, 16 des Kreuzschlittens ist jeweils durch einen in seiner Speicherkraft veränderbaren Kraftspeicher, beim dargestellten Ausführungsbeispiel durch einen mit einem steuerbaren Druckbeaufschlagbaren Kolben 18, 19, in eine Endlage gespannt. Der in der Zeichnung nicht erkennbare Endanschlag des parallel zur Bahn 25 ausgerichteten Schlittens 14 ist in Fortschreitbewegung vorauslaufend angeordnet. Bei Auftreten eines werkstückseitigen Arbeitswiderstandes kann der Entgratfräser unter Überwindung der Vorspannung des Kolbens 18 entgegen der Fortschreitbewegung 13 ausweichen; ein solcher Arbeitswiderstand ist der Fortschreitbewegung des Entgratfräasers 7 entgegen gerichtet. Solange der Arbeitswiderstand nicht größer

6

als die am Kolben 18 eingestellte Vorspannung ist, verharren der Schlitten 14 und die starr mit ihm verbundene Schlittenführung 17 für den anderen Schlitten 15 in der durch den Anschlag bestimmten Endposition. Die durch den Anschlag 35 bestimmte Endlage des parallel zur Ausweichrichtung, d. h. quer zur Bahn 25, ausgerichteten Schlittens 16 entspricht der werkstückseitigen Anlage des Entgratfräasers 7. Der zweite Schlitten 16 ist durch den zweiten Kolben 19 in die erwähnte Endlage vorgespannt, wodurch die Position des Entgratfräasers in Bezug zur Ausweichrichtung 23 mit einer voreinstellbaren Kraft gesichert ist. Bei Auftreten einer starken Überhöhung des Grates 12 kann der Entgratfräser 7 unter Überwindung der Vorspannung des Kolbens 19 in Richtung zu größeren Abständen von der normalen Werkstückoberfläche ausweichen.

Jeder der beiden Schlitten 14, 16 des Kreuzschlittens ist jeweils mit einem Weggeber 20, 21 versehen, der ein der Schlittenauslenkung entsprechendes, datenverarbeitbares Signal erzeugt. Bei Auftreten einer Auslenkung an dem parallel zur Bahn 25 geführten — ersten — Schlitten 14 wird durch den ersten Weggeber 20 ein Widerstandssignal erzeugt. Durch eine geeignet ausgebildete Steuerung wird in die Robotersteuerung eingegriffen und mittelbar die Fortschreitgeschwindigkeit V_1 , V_2 , V_3 des Entgratfräasers 7 entlang der Bahn 25 analog zur Größe des Widerstandssignales selbsttätig reduziert. Bei Auftreten einer Auslenkung an dem parallel zur Ausweichrichtung 23, d. h. quer zur Bahn 25, geführten Schlitten 16 wird durch den entsprechenden Weggeber 21 ein Grathöhensignal hervorgerufen, wodurch die Andrückkraft des Entgratfräasers 7 in Richtung auf den Endanschlag 35 des Schlittens 16 analog zur Größe des Grathöhensignales erhöht wird. Aufgrund einer ansteigenden Federkennlinie des als pneumatische Feder wirkenden Kolbens 19 kommt eine lineare Steigerung der Fräserandrückkraft ganz zwanglos zustande.

Der zwischen Entgratfräser und Werkzeugaufnahmeflansch innerhalb des Entgratwerkzeuges 6 angebrachte Kreuzschlitten mit den jeweiligen Weggebern 20 und 21 stellt baulich auch einen zweidimensionalen Meßkopf mit dem Entgratfräser als Meßtaster dar. Nachdem die Bewegungsebene und somit die Meßempfindlichkeit des Kreuzschlittens quer zur Rotationsachse 10 des Entgratfräasers steht, muß das Werkstück stets mit dem Umfang des vorzugsweise zylindrischen Entgratfräasers angetastet werden. Zu Beginn eines neuen Entgratvorganges, d. h. beim Aufspannen eines neuen, zu entgratenden Gußstückes kann der Kreuzschlitten zu Meßzwecken verwendet werden. Da wegen der relativ großen Formtoleranzen des rohen Gußstückes die Aufspannlage ebenfalls entsprechend grob toleriert ist, der automatisierte Entgratvorgang hingegen eine enger tolerierte Werkstücklage voraussetzt, ist es von Vorteil, die jeweilige Aufspannlage eines jeden Werkstückes auszumessen. Die Steuerung für den das Entgratwerkzeug tragenden Industrieroboter ist demgemäß mit einem Meßprogramm zur Lageermittlung eines individuellen, neu im Arbeitsbereich des Industrieroboters aufgespannten Werkstückes 11 versehen. Zum Ausmessen der Aufspannlage des Werkstückes vor Aufnahme des Entgratvorganges wird der als Meßtaster zu verwendende Entgratfräser 7 stillgesetzt. Außerdem wird die Vorspannung der Schlitten 14 bzw. 16 an die jeweiligen Endanschläge durch teilweises Entlasten der Kolben 18 bzw. 19 reduziert. Danach wird das neue Werkstück an bestimmten, nicht grat-behafteten Stellen angetastet, wobei der Industrieroboter als Meßroboter verwendet

DE 42 42 874 C1

7

8

wird. Über die Wegaufnehmer 20 bzw. 21 kann die tatsächliche Relativlage der Antaststellen und somit die des gesamten, neu aufgespannten Werkstückes zum Industrieroboter ermittelt werden. Entsprechend der ermittelten Aufspannlage des Werkstückes relativ zum Industrieroboter wird das Arbeitsprogramm bzw. die beim Entgraten abzufahrende Bahn 25 entsprechend transformiert.

Nach Beendigung dieses vorgeschalteten Maßprogrammes wird die Vorspannung der Schlitten auf Arbeitswerte für das Fräsen erhöht und der Drehantrieb des Entgratfräasers 7 eingeschaltet, so daß der eigentliche Entgratvorgang beginnen kann.

Aufgrund des quer zur Fräscrachse 10 stehenden und stets parallel bzw. orthogonal zur Vorschubrichtung 13 im Arbeitspunkt 9 ausgerichteten Kreuzschlittens ist der Entgratfräser 7 — nach Überwindung der eingestellten Vorspannung — schwimmend in Relation zum Werkzeugaufnahmeflansch 4 des Arbeitsarm-Endgundes gehalten. Solange der Gußgrat 12 eine normale Stärke aufweist, wie dies in der linken Bildhälfte von Fig. 2a angedeutet ist, kann dieser ohne relative Lageveränderung des Entgratfräasers zum Werkzeugaufnahmeflansch den Grat in einem einzigen Arbeitsdurchgang konturtreu abfräsen. Die Vorspannung an den Kolben 18 bzw. 19 ist — in Verbindung mit der beim ersten Durchgang des Entgrates gewählten Vorschubgeschwindigkeit V_1 — aufgrund gewisser praktischer Erfahrungen entsprechend hoch eingestellt, ohne daß der Fräser oder der Roboterarm dabei überlastet wird.

An einer Stelle einer stärkeren Gratausbildung wird der Entgratfräser allerdings quer zur Bahn 25 — Maß q — und/oder parallel zur Bahn — Maß p — entgegen der Vorschubrichtung 13 relativ zum Werkzeugaufnahmeflansch 4 ausweichen, wie dies die Fig. 2b veranschaulicht. Durch ein Quer-Ausweichen des Entgratfräasers wird ein Grathöhensignal am Weggeber 21 erzeugt; gleichzeitig steigt aufgrund des Quer-Ausweichens die Andrückkraft des Entgratfräasers an das Werkstück, wie dies weiter oben bereits beschrieben wurde. Bei einem Parallel-Ausweichen des Entgratfräasers wird an dem Weggeber 20 ein Widerstandssignal erzeugt, welches dazu ausgenutzt werden kann, den Basiswert V_1 der Vorschubgeschwindigkeit entsprechend dem diesbezüglichen Ausweichmaß p zu reduzieren, so daß entsprechend langsamer gefräst wird. An dieser Stelle sei im übrigen gleich erwähnt, daß bei Auftreten eines Grathöhensignales zumindest der Bahnpunkt, an dem das Grathöhensignal aufgetreten ist bzw. begonnen hat, im Arbeitsspeicher der Robotersteuerung festgehalten wird. Vorzugsweise wird später auch derjenige Bahnpunkt, an dem das Grathöhensignal wieder verschwindet, abgespeichert. Solange weder die Quer-Ausweichung q noch die Parallel-Ausweichung p ein bestimmtes, jeweils für sich voreingestelltes Maximalmaß überschreitet, wird vorerst weitergefräst, wobei der Werkzeugaufnahmeflansch spurtreu der einprogrammierten Bahn 25 folgt. Erst bei Überschreiten der Quer-Ausweichung oder der Parallel-Ausweichung über den jeweiligen Maximalwert — Fig. 2b — wird der Entgratvorgang abgebrochen, der Entgratfräser an den Bahnpunkt des Beginns einer Querausweichung zurückgesetzt — Fig. 2c — und erneut dazu angesetzt, die Stelle einer stärkeren Gratausbildung abzufräsen. Hierbei werden beim zweiten Durchgang durch die Dickstelle des Grates die Vorspannwerte der Schlitten 14 und 16 an den Kolben 18 bzw. 19 erhöht, so daß der zweite Durchgang mit stärker eingestellten Halte- bzw. Andrückkräften F_2

erfolgen kann. Außerdem erfolgt der zweite Durchgang mit einem reduzierten Grundwert V_2 einer Vorschubgeschwindigkeit. Wie die Darstellung nach Fig. 2d erkennen läßt, kann auch beim zweiten Durchgang des Entgratfräasers durch die Dickstelle des Grates das Maximalmaß der Ausweichbewegungen überschritten werden, so daß mit erneut berichtigten Werten für die Andrückkräfte F_2 bzw. für die Vorschubgeschwindigkeit V_2 ein erneuter Entgratversuch — dritter Durchgang — entsprechend Fig. 2e gestartet wird. Erst mit den solcherart nach einem u. U. mehrmaligen Versuch selbsttätig eingestellten Arbeitsparametern kann bei dem in der Bilderfolge dargestellten Arbeitsbeispiel die Grat-Dickstelle ohne Überschreitung der Maximalwerte der Ausweichbewegungen durchgefräst werden, wenngleich die betreffende Stelle noch nicht vollständig entgratet ist, wie die Fig. 2f zeigt. Dank der in das Entgratwerkzeug integrierten Weggeber kann die Entgrateinrichtung allerdings selbsttätig registrieren, an welchem Bahnpunkt die Ausweichbewegungen des Entgratfräasers gegenüber dem Werkzeugaufnahmeflansch zu Null geworden sind. In wenigstens einem weiteren Durchgang der Grat-Dickstelle wird der Restgrat mit den bisherigen Arbeitsparametern für diese Stelle dann vollständig abgefräst — Fig. 2g. Sobald der Werkzeugaufnahmeflansch den zuvor abgespeicherten Bahnpunkt erreicht hat, an dem die Ausweichbewegungen beim Durchtritt durch die Grat-Dickstelle wieder verschwanden, werden wieder die für einen normalstark ausgebildeten Grat erforderlichen Arbeitsparameter für Andrückkräfte (F_1) und Vorschubgeschwindigkeit (V_1) am Entgratwerkzeug bzw. am Industrieroboter eingestellt.

Bei in ihrer Stärke besonders extrem ausgebildeten Stellen des Grates kann es auch vorkommen, daß die Maximalwerte der Ausweichbewegungen besonders rasch erreicht oder auch besonders weit überschritten werden. In einem solchen Fall würde auch ein wiederholter Entgratversuch u. U. keine wesentliche Abhilfe bzw. Arbeitsfortschritt bringen, zumal ein solcher Fall auch darauf hindeuten kann, daß der Entgratfräser stumpf ist und erneuert werden muß. Um auch einem solchen Ereignis Rechnung tragen zu können, ist zweckmäßigerweise die Robotersteuerung über die iterative Abarbeitung von Stellen örtlich überhöhter Grate hinaus derart ausgebildet, daß beim Überschreiten der maximal zugelassenen Ausweichbewegung über ein vorbestimmtes Maß der Entgratvorgang ganz abgebrochen und ein Alarmsignal an eine Aufsichtsperson gegeben wird. Es kann dann überprüft werden, ob der Entgratfräser noch in Ordnung ist bzw. gewechselt werden muß oder ob die Störung am Werkstück lag. Im letzteren Fall kann die Aufsichtsperson prüfen, ob die Stelle einer extremen Gratausbildung dann per Handsteuerung des Industrieroboters so weit abgearbeitet werden kann, daß mit dem Normalprogramm weitergearbeitet werden kann, oder ob das Werkstück aus der Aufspannung herausgenommen und an einem Einzelarbeitsplatz gesondert entgratet werden muß.

Durch die Bildfolge nach Fig. 3a und 3b soll deutlich gemacht werden, daß extreme Grat-Dickstellen auch nach einer anderen Vorgehensweise selbsttätig abgefräst werden können. An einer Stelle einer stärkeren Gratausbildung wird der Entgratfräser — wie gehabt — quer zur Bahn 25 und/oder parallel zur Bahn entgegen der Vorschubrichtung 13 relativ zum Werkzeugaufnahmeflansch 4 ausweichen, wie dies die Fig. 3a veranschaulicht. Die Robotersteuerung kann nun über das beschriebene iterative Abarbeiten von Grat-Dickstellen

DE 42 42 874 C1

9

hinaus derart ausgebildet sein, daß gegebenenfalls der Entgratvorgang entlang der normalen Bahn 25 abgebrochen und die Stelle örtlich überhöhten Grates vorübergehend unter Verwendung seitenversetzt liegender Bahnen 25₁, 25₂, 25₃ usw. zeilenweise abgefräst wird. Und zwar sind die seitenversetzt liegenden Bahnen in Richtung der Gratüberhöhung zur normalen Bahn 25 versetzt, sind aber im übrigen an der betreffenden Bahnstelle formgleich wie die normale Bahn 25 ausgebildet. Der Entgratvorgang wird dann um eine bestimmte werkstück- und lageabhängige Strecke fortgesetzt, wobei die Länge der seitenversetzten Bahnstücke sich nach der Länge der Stelle des überhöhten Grates bestimmt, die das Entgratwerkzeug selbsttätig aufgrund des erfaßbaren Arbeitswiderstandes detektieren kann. Im Anschluß an das Entgraten der Grat-Dickstelle wird der normale Grat unter Verwendung der ursprünglichen Bahn 25 an der abgebrochenen Stelle wieder aufgenommen und fortgesetzt.

Patentansprüche

1. Entgratvorrichtung für einen einen mehrgliedrigen Arbeitsarm aufweisenden Industrie-Roboter, dessen die Entgratvorrichtung aufnehmendes Arbeitsarm-Endglied um eine zum Werkstück hinweisende Drehachse — Endglied-Drehachse — drehbar ist,

— die Entgratvorrichtung weist ferner einen Antriebsmotor für einen als Fingerfräser ausgebildeten Entgratfräser auf, wobei der Antriebsmotor derart innerhalb der Entgratvorrichtung und in Relation zum Endglied des Arbeitsarmes gehalten ist, daß der Arbeitspunkt des Entgratfräasers unter normalen Arbeitsbedingungen etwa auf der Endglied-Drehachse liegt.

— ferner mit einer durch eine Führung ermöglichten, nachgiebigen Halterung des Antriebsmotors des Entgratfräasers, derart, daß der Entgratfräser bei einer unerwarteten Überhöhung der zu entgratenden Werkstückkontur quer zu der dem Werkstückgrat folgenden Bahn des Entgratfräasers vom Werkstück weg ausweichen kann — Ausweichrichtung —, wobei die die Ausweichbewegung ermöglichende Führung stets quer zur Bahn im jeweiligen Bahnpunkt des Entgratfräasers ausgerichtet ist und bei einer Richtungsänderung der Bahn entsprechend um die Endglied-Drehachse mit verschwenkt wird,

— der Arbeitsarm des Industrieroboters wird zum Entgraten eines Werkstückes mit der Endglied-Drehachse und dem Entgratfräser dem werkstückseitig vorgegebenen, in der Programmierung des Industrieroboters datenmäßig abgespeicherten Konturverlauf des zu verputzenden Grates entlanggeführt, wobei die Endglied-Drehachse stets quer zum Grat ausgerichtet ist, gekennzeichnet durch die Gemeinsamkeit folgender Merkmale:

— zwischen dem Antriebsmotor (8) für den Entgratfräser (7) und dem quer zur Endglied-Drehachse (5) stehenden Werkzeugaufnahme- flansch (4) am Endglied (3) des Arbeitsarmes (2) des Industrieroboters (1) sind zwei jeweils in einer Schlittenführung (15 und 17) bewegli-

10

che Schlitten (14 und 16) angeordnet, wobei von den quer zueinander und zur Rotationsachse (10) des Entgratfräasers (7) ausgerichtete Schlittenführungen (15 und 17) die eine Schlittenführung (15, Richtung 22) stets parallel zur Bahnrichtung (13) und die andere Schlittenführung (17) stets parallel zur Ausweichrichtung (23) ausgerichtet ist,

— jeder der beiden Schlitten (14, 16) des Kreuzschlittens ist jeweils durch einen in seiner Speicherkraft veränderbaren Kraftspeicher, insbesondere durch einen mit einem steuerbaren Druck beaufschlagbaren Kolben (18, 19) in eine Endlage gespannt,

— wobei die Endlage des parallel zur Bahn (25) ausgerichteten Schlittens (14) in Fortschreibbewegung vorauslaufend angeordnet ist, derart, daß bei Auftreten eines werkstückseitigen, der Fortschreibbewegung des Entgratfräasers (7) entgegen gerichteten Arbeitswiderstandes der Entgratfräser (7) unter Überwindung der Vorspannung des Kolbens (18) entgegen der Fortschreibbewegung ausweichen bzw. verharren kann und

— wobei die Endlage des parallel zur Ausweichrichtung ausgerichteten Schlittens (16, Anschlag 35) der werkstückseitigen Endlage entspricht, derart, daß bei Auftreten einer starken Überhöhung des Grates (12) der Entgratfräser (7) unter Überwindung der Vorspannung des Kolbens (19) in Richtung zu größeren Abständen von der normalen Werkstückoberfläche ausweichen kann,

— jeder der beiden Schlitten (14, 16) des Kreuzschlittens ist jeweils mit einem Weggeber (20, 21) versehen, der ein der Schlittenauslenkung entsprechendes, datenverarbeitbares Signal erzeugt,

— wobei bei Auftreten eines Auslenkungssignales an dem parallel zur Bahn (25) geführten Schlitten (14) — Widerstandssignal — die Fortschreitgeschwindigkeit (V_1 , V_2 , V_3) des Entgratfräasers (7) entlang der Bahn (25) analog zur Größe des Auslenkungssignales reduziert wird und

— wobei bei Auftreten eines Auslenkungssignales an dem parallel zur Ausweichrichtung (23) geführten Schlitten (16) — Grathöhensignal — die Andrückkraft des Entgratfräasers (7) in Richtung auf den Endanschlag (35) des Schlittens (16) analog zur Größe des Auslenkungssignales erhöht wird.

2. Entgratvorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß bei Auftreten eines Grathöhensignales zumindest der Bahnpunkt, an dem das Grathöhensignal aufgetreten und vorzugsweise auch der Bahnpunkt, an dem das Grathöhensignal wieder verschwunden ist, abgespeichert wird und daß die Steuerung des Industrieroboters (1) derart ausgebildet ist, daß bei Überschreiten des Grathöhensignales über eine voreinstellbare Stärke die Stelle des überhöhten Grates (12) unmittelbar anschließend örtlich gezielt erneut mit einer im Vergleich zum vorherigen Durchgang höheren Vor-

DE 42 42 874 C1

11

spannkraft (F_1 , F_2 , F_3) an dem parallel zur Ausweichbewegung (23) ausgerichteten Schlitten (16) durchfahren wird, wobei ggf. das Auftreten eines erneuten Grathöhensignales nach Ausmaß und Relativlage auf der Bahn (25) festgehalten und zum Anlaß eines wiederholten Durchganges durch die Stelle mit überhöhtem Grat genommen wird und wobei nach endgültigem Abarbeiten der Stelle des überhöhten Grates (12) der Entgratvorgang an der Stelle des Verschwindens des Grathöhensignals mit den ursprünglichen Einstellwerten für die Steuerdrücke bzw. die Fortschrittgeschwindigkeit des Entgratfräasers (7) fortgesetzt wird.

3. Entgratvorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Entgratfräser (7) mit seiner Rotationsachse (10) unter normalen Arbeitsbedingungen parallel und konzentrisch zur Endglied-Drehachse (5) ausgerichtet ist, wobei der Entgratfräser (7) stets annähernd quer zur Erstreckungsebene (26) des Grates (12) im Arbeitspunkt (9) ausgerichtet ist.

4. Entgratvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehrichtung des Entgratfräasers (7) im Hinblick auf die gewählte Richtung (13) der Fortschreitungsbewegung des Entgratfräasers (7) so gewählt ist, daß sich ein sog. Gleichlaufräsen ergibt.

5. Entgratvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Robotersteuerung über die iterative Abarbeitung von Stellen örtlich überhöhter Grate (12) hinaus derart ausgebildet ist, daß beim Überschreiten der Ausweichbewegung (23) über ein vorbestimmtes Maß der Entgratvorgang ganz abgebrochen und ein Alarmsignal an eine Aufsichtsperson gegeben wird.

6. Entgratvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Robotersteuerung über die iterative Abarbeitung von Stellen örtlich überhöhter Grate (12) hinaus derart ausgebildet ist, daß der Entgratvorgang abgebrochen und vorübergehend mit in Richtung der Gratüberhöhung zur normalen Bahn (25) seitenversetzt liegender Bahn (25₁, 25₂, 25₃ usw.) der Entgratvorgang um eine bestimmte werkstück- und lageabhängige Strecke fortgesetzt und anschließend der Entgratvorgang mit der ursprünglichen Bahn (25) an der abgebrochenen Stelle wieder aufgenommen und fortgesetzt wird.

7. Entgratvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung für den das Entgratwerkzeug (6) an seinem Arbeitsarm (2) tragenden Industrieroboter (1) mit einem Meßprogramm zur Lageermittlung eines individuellen, neu im Arbeitsbereich des Industrieroboters (1) aufgespannten Werkstückes (11) versehen ist, wobei vor Aufnahme des Entgratvorganges der stillstehende Entgratfräser (7) als Meßtaster verwendbar ist und das Werkstück (11) an bestimmten, nicht grat-behafteten Stellen antastbar und über die Wegaufnehmer (20, 21) in den beiden Schlitten (14, 16) die tatsächliche Relativlage des aufgespannten Werkstückes (11) zum Industrieroboter (1) ermittelbar ist.

8. Entgratvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zusätzlich zu der zweidimensionalen Nachgiebigkeit des Entgratfräasers (7) über die beiden Schlitten (14, 16) der Antriebsmotor (8) für den Entgratfräser (7) auch noch um eine

12

— parallel zur Bahn (25) ausgerichtete,
— zum Arbeitspunkt (9) beabstandete,
— die Endglied-Drehachse (5) abstandsfrei kreuzende Schwenkachse (27) nachgiebig vom Werkstück (11) wegschwenkbar gehalten ist, wobei der Antriebsmotor (8) mit dem Entgratfräser (7) durch einen mechanischen Anschlag (28) in einer definierten Arbeitslage gehalten und durch Federkraft (Vorspannfeder 29) in Richtung auf den Anschlag (28) vorgespannt ist und wobei die Federkraft (29) größer ist als die Kolbenkraft (Kolben 19), die den in Ausweichrichtung (23) beweglichen Schlitten (16) vorspannt.

9. Entgratvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, gekennzeichnet durch eine Kühlvorrichtung, die dem Entgratfräser (7) etwa in der Ebene der Ausweichbewegung (23) von der werkstückabgewandten Seite her Kühlmittel zuführt (Kühlmittelleitung 32).

10. Entgratvorrichtung nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß das Kühlmittel in Form einer Luftsuspension von feinen Tropfen eines langkettigen Alkohols ausgebildet ist.

11. Entgratvorrichtung nach Anspruch 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Kühlvorrichtung (Kühlmittelleitung 32) derart ausgebildet und/oder angeordnet ist, daß auch die den Entgratfräser (7) spannende Spannzange (34) in der Arbeitsspindel des Fräserantriebes (8) mit gekühlt wird.

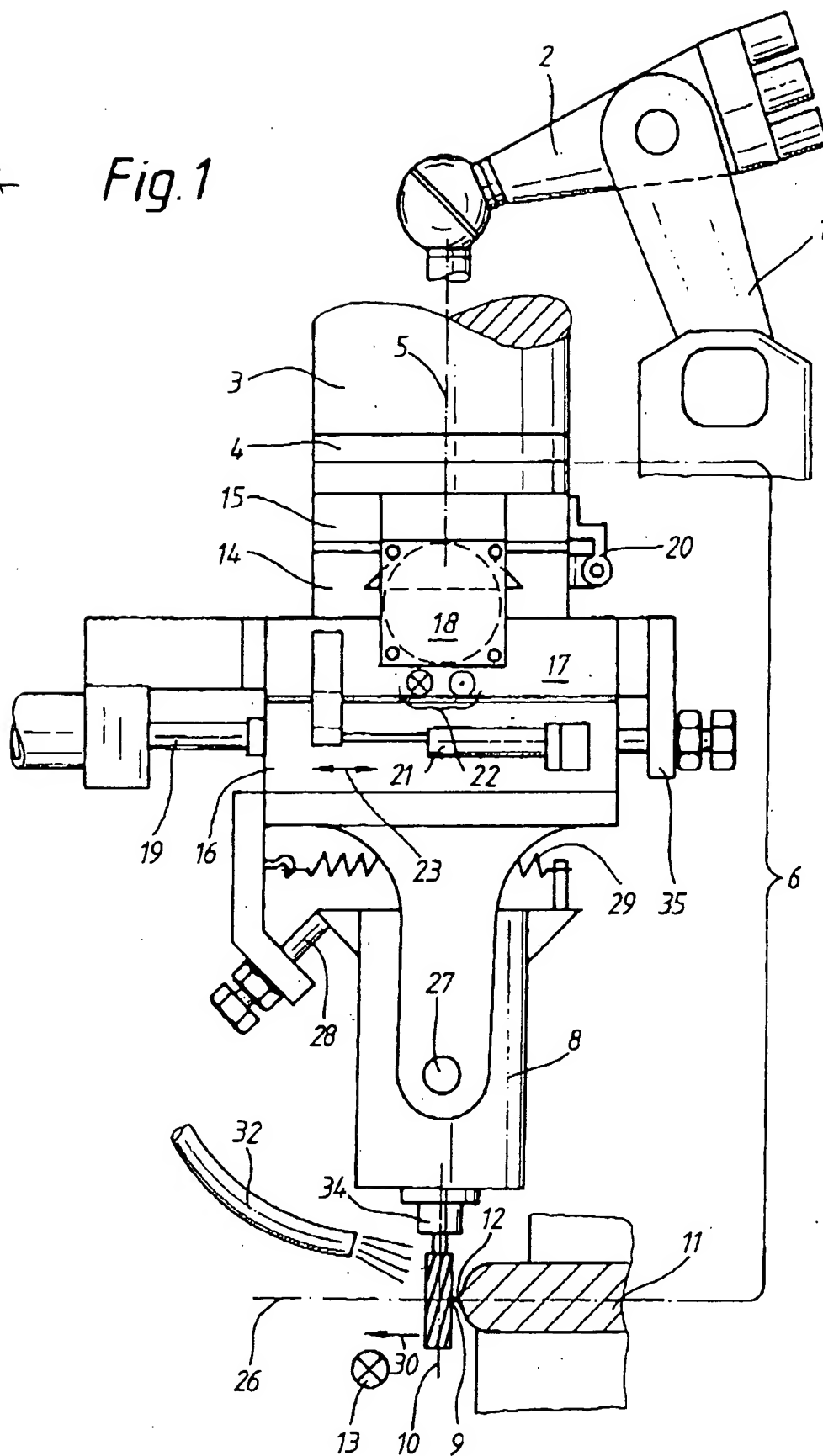
12. Entgratvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Entgratfräser (7) aus Hartmetall besteht und mit Drehzahlen im Bereich von etwa 10 000 bis 30 000 U/min angetrieben ist.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

ZEICHNUNGEN SEITE 1

Nummer: DE 42 42 874 C1
 Int. Cl. 5: B 25 J 19/00
 Veröffentlichungstag: 4. November 1993

* Fig. 1



ZEICHNUNGEN SEITE 2

Nummer:

DE 42 42 874 C1

Int. Cl. 5:

B 25 J 19/00

Veröffentlichungstag: 4. November 1993

Fig. 2a

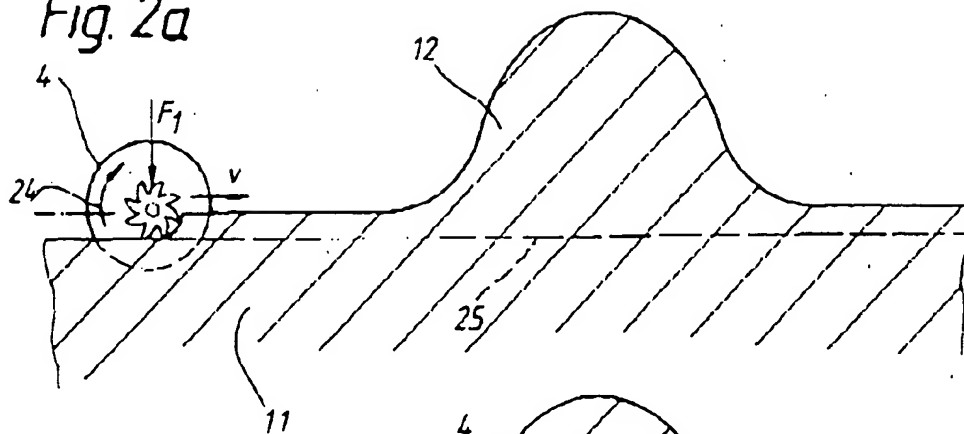


Fig. 2b

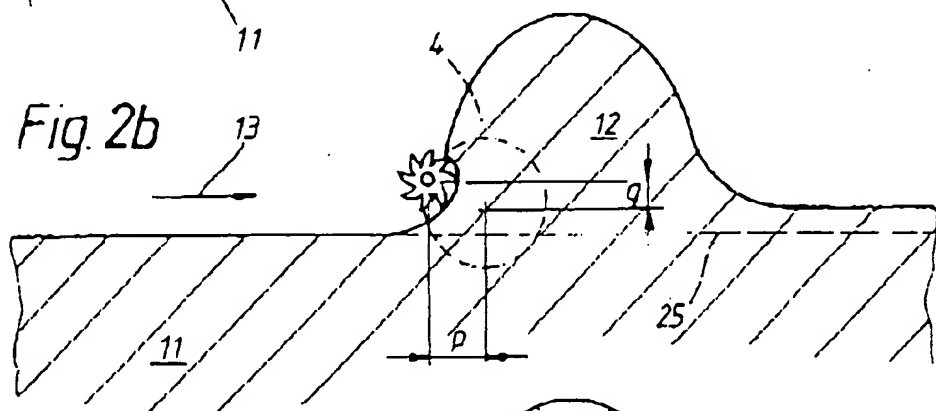


Fig. 2c

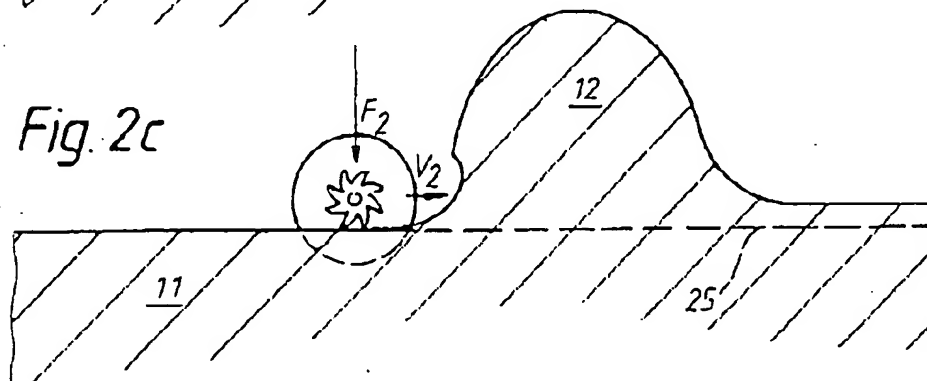


Fig. 2d

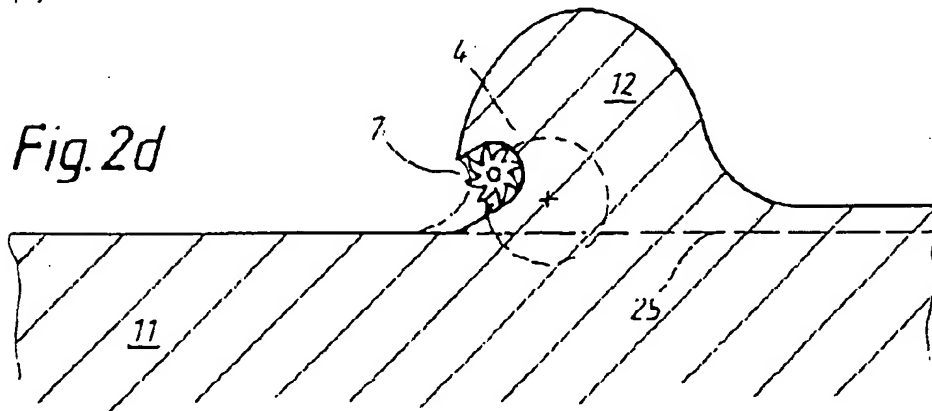


Fig. 2e

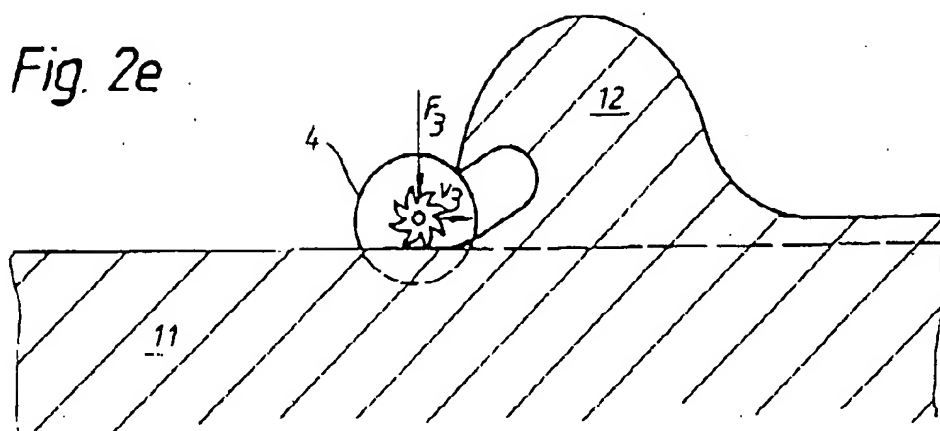


Fig. 2f

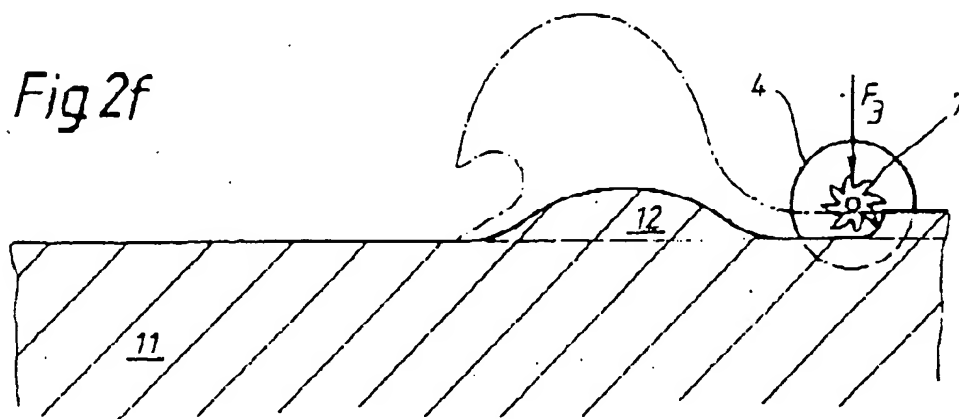


Fig. 2g

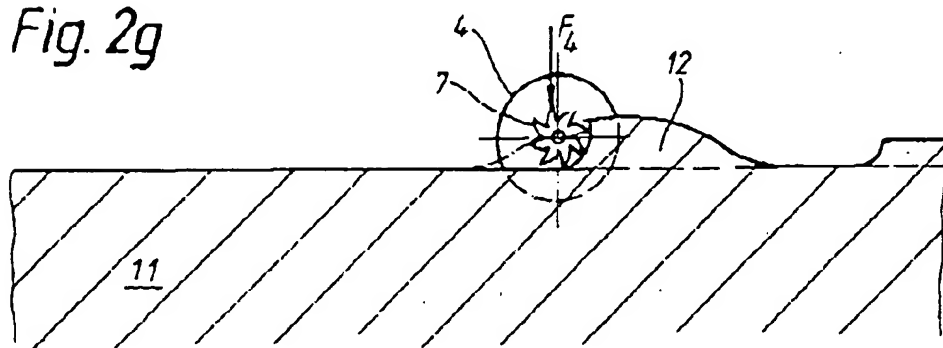


Fig. 3a

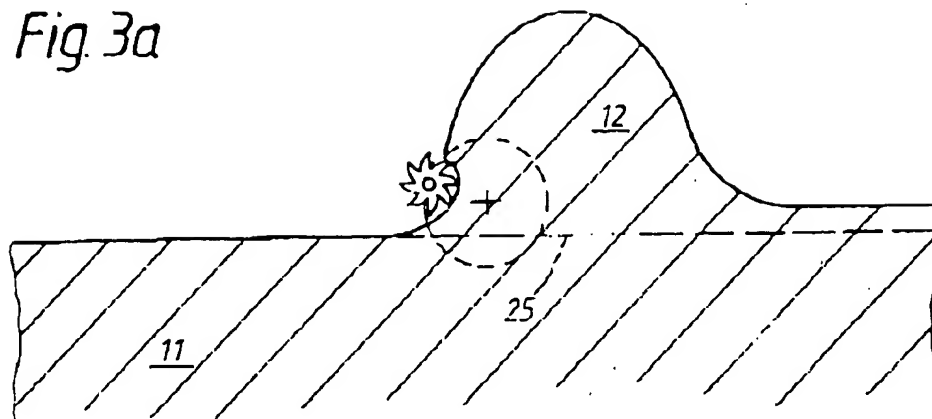
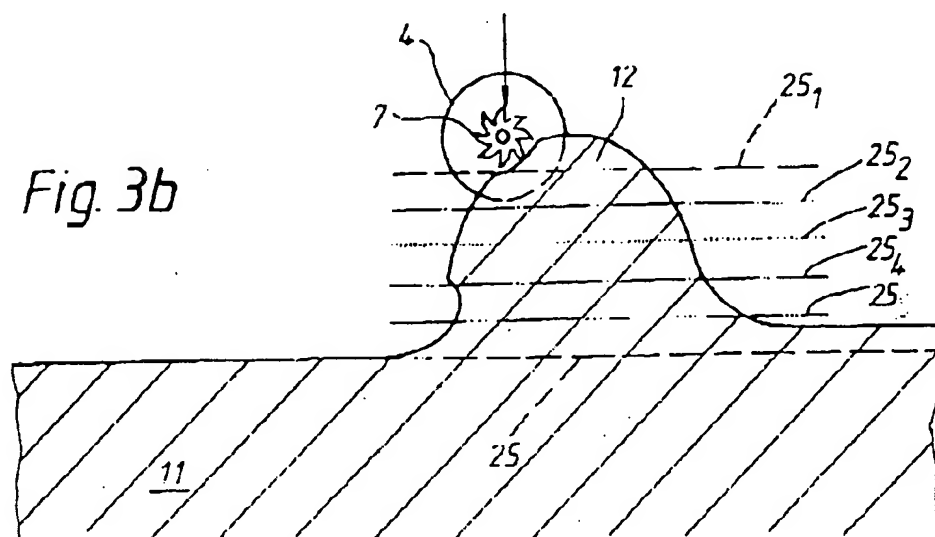


Fig. 3b



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.